



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 12 582 A 1**

②① Aktenzeichen: 198 12 582.8  
②② Anmeldetag: 21. 3. 98  
④③ Offenlegungstag: 23. 9. 99

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 P 1/18**  
H 01 P 1/20  
H 01 P 7/06  
H 01 P 9/00  
H 01 Q 3/30

DE 198 12 582 A 1

⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

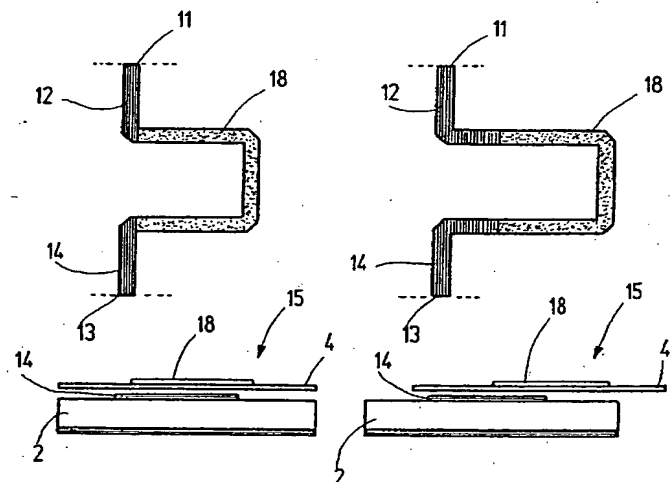
⑦② Erfinder:  
Wixforth, Thomas, 31180 Giesen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Integriertes Wellenleiterbauelement

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein integriertes Wellenleiterbauelement, mit wenigstens einem planaren Mikrowellenleiter, an dessen Eingang ein zeitlich harmonisches Eingangssignal anlegbar ist, und an dessen Ausgang ein von einer Länge des wenigstens einen Mikrowellenleiters abhängiger, zu dem Eingangssignal phasenverschobenes Ausgangssignal anliegt.

Es ist vorgesehen, daß der wenigstens eine Mikrowellenleiter (15) wenigstens eine Unterbrechungsstelle (9) aufweist, jeder der Unterbrechungsstellen (9) ein mechanisch verlagerbarer Mikrowellenleiterabschnitt (16, 18, 20) zugeordnet ist, dessen die Unterbrechungsstelle (9) überbrückende Wirklänge entsprechend einer gewünschten Phasenverschiebung zwischen dem Eingangssignal und dem Ausgangssignal einstellbar ist.



DE 198 12 582 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein integriertes Wellenleiterbauelement mit den im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 genannten Merkmalen.

## Stand der Technik

Integrierte Wellenleiterbauelemente der gattungsgemäßen Art sind bekannt. Diese werden beispielsweise in ebenen Mikrowellenantennen zum Senden und/oder zum Empfangen von Signalen eingesetzt. Derartige Mikrowellenantennen müssen zur Erzielung einer einwandfreien Signalübertragung, und insbesondere zur Erzielung einer guten Trennschärfe zwischen verschiedenen Signalen, hinsichtlich zweier Freiheitsgrade zu einer mit ihnen kommunizierenden Gegenstelle ausrichtbar sein. Eine solche Gegenstelle kann beispielsweise ein geostationärer Satellit sein. Die beiden Freiheitsgrade werden üblicherweise als "Elevation" und als "Azimuth" bezeichnet, wobei die Elevation einem Winkel  $\vartheta$  entspricht, der zwischen einer sogenannten Hauptkeulenrichtung einer Antennenhauptebene liegt, und der Azimuth  $\varphi$  die Drehung der gesamten Anordnung um eine Hochachse charakterisiert. Je nach Lage eines beschreibenden Koordinatensystems können jedoch ebenso andere Winkelbezeichnungen gewählt werden. Die bekannten Mikrowellenantennen sind nicht in der Lage, andere als zu ihrer Grundfläche senkrecht einfallende Mikrowellensignale zu empfangen, weshalb eine zusätzliche mechanische Ausrichtung unverzichtbar ist.

## Vorteile der Erfindung

Das integrierte Wellenleiterbauelement mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen weist den Vorteil einer einfachen und kostengünstigen Möglichkeit zur Realisierung eines einstellbaren Phasenschiebers/Laufzeitgliedes auf. Dadurch, daß der wenigstens eine Mikrowellenleiter wenigstens eine Unterbrechungsstelle aufweist, jeder der Unterbrechungsstellen ein mechanisch verlagerbarer Mikrowellenleiterabschnitt zugeordnet ist, dessen, die Unterbrechungsstelle überbrückende Wirklänge entsprechend einer gewünschten Phasenverschiebung zwischen dem Eingangssignal und dem Ausgangssignal einstellbar ist, ist vorteilhaft möglich, in einfacher Weise, nämlich durch eine gezielte mechanische Umlagerung und anschließende Fixierung des verlagerbaren Mikrowellenleiterabschnittes, eine gewollte Phasenverschiebung einzustellen. Entsprechend der konstruktiv vorgebbaren maximal möglichen Umlagerung lassen sich Phasenverschiebungen in relativ großen Bereichen einstellen.

In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Mikrowellenleiter wenigstens zwei planare über einer Masseebene angeordnete Kontaktbahnen aufweist, denen ein im wesentlichen U-förmiger Leiterabschnitt zugeordnet ist, der in Längerstreckungsrichtung der wenigstens zwei Kontaktbahnen verschiebbar ist. Hierdurch läßt sich besonders einfach durch eine ausziehbare Umwegleitung (Posaunenprinzip) eine Phasenverschiebung mittels planarer Mikrowellenleiter erreichen.

Da nicht für alle Anwendungen schnell verstellbare elektronische Phasenschieber beziehungsweise Laufzeitglieder benötigt werden, bietet die erfindungsgemäße Vorrichtung eine einfache und kostengünstige Möglichkeit zur Realisierung eines einstellbaren Phasenschiebers (beziehungsweise Laufzeitgliedes) in planarer Mikrowellenleitertechnik.

In Leckwellenantennen, insbesondere Rampart-Line-Antennen, kann das integrierte Wellenleiterbauelement bevor-

zugt zur Einstellung beziehungsweise zur Veränderung der Hauptstrahlrichtung eingesetzt werden.

Weitere bevorzugte Anwendungen der erfindungsgemäßen mechanisch verstellbaren planaren Phasenschieber sind beispielsweise planare Mikrowellenantennen für beliebige Polarisationsarten beziehungsweise -richtungen. So sind durch mehrere einstellbare Phasenschieber in vorteilhafter Weise Mikrowellenantennen mit einstellbarer Richtcharakteristik realisierbar.

In weiterer bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß das Mikrowellenbauelement ein Resonator ist. Hierdurch ist in einfacher Weise ein Resonator mit einstellbarer Resonanzlänge geschaffen.

Ferner ist bevorzugt, daß das Mikrowellenbauelement ein Filter, insbesondere ein supraleitendes Filter ist. Durch variable Einstellung der wirksamen Länge des Mikrowellenleiters lassen sich in einfacher Weise die Filtereigenschaften des Filters ändern beziehungsweise einstellen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

## Zeichnungen

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung zweier auf ein Substrat aufgebrachte Leiter;

**Fig. 2a** eine schematische Darstellung einer verschiebbaren Struktur;

**Fig. 2b** eine schematische Darstellung einer verschiebbaren Struktur in einer abgewandelten Ausführungsform;

**Fig. 2c** eine schematische Darstellung einer verschiebbaren Struktur in einer weiteren Ausführungsform;

**Fig. 3** eine schematische Darstellung einer Ausführungsform in Mikrostreifenleitertechnik;

**Fig. 4** eine schematische Darstellung einer Ausführungsform in Triplate-Leitungstechnik und

**Fig. 5** eine schematische Darstellung einer Ausführungsform in Multilayertechnik.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**Fig. 1** zeigt in einer schematischen Darstellung eine Draufsicht einer Leiterstruktur in planarer Mikrowellenleitertechnik, bestehend aus zwei auf eine Substratplatte 2 aufgebrachte und parallel zueinander liegende Kontaktbahnen 12 und 14. Die Kontaktbahnen 12 und 14 sind nicht miteinander verbunden, so daß eine Unterbrechungsstelle 9 zwischen ihnen ausgebildet ist. Anstatt einer Substratplatte 2 können die Kontaktbahnen 12 und 14 ebenso auf einer Superstratplatte oder auf einer Superstratfolie aufgebracht sein. Die Kontaktbahnen 12 und 14 sind beispielsweise durch Siebdruck oder dergleichen so auf die Oberfläche der Substratplatte 2 aufgebracht, daß eine galvanische Kontaktierung ermöglicht wird. Die Kontaktbahnen 12 und/oder 14 sind über eine nicht dargestellte Quelle mit einem Eingangssignal beaufschlagbar, wobei an der jeweils anderen Kontaktbahn ein Ausgangssignal abgreifbar ist. Eine Verbindung zwischen den Kontaktbahnen 12 und 14 erfolgt in nachfolgend näher beschriebenen Weise. Die Kontaktbahn 12 besitzt einen Ein- beziehungsweise Ausgang 11 und die Kontaktbahn einen Ein- beziehungsweise Ausgang 13.

Die **Fig. 2a bis 2c** zeigen in Draufsicht verschiedene Ausführungsformen einer Substratplatte 4 mit einer darauf aufgebrachten planaren, im wesentlichen U-förmigen Leiterbahn, im folgenden auch als U-förmiger Leiterabschnitt be-

zeichnet. So zeigt Fig. 2a eine Leiterbahn mit ausgeprägten Kanten der Schenkel des U-förmigen Leiterabschnittes 16. Die Kanten der Leiterbahn des U-förmigen Leiterabschnittes 18 entsprechend Fig. 2b sind durch einen 45°-Schnitt abgeflacht. Fig. 2c zeigt eine alternative Form einer U-förmigen Leiterbahn beziehungsweise eines U-förmigen Leiterabschnittes 20 mit einer halbrundförmigen Struktur.

Die beiden flachen und in ihrer Grundfläche vorzugsweise annähernd gleich großen Substratplatten 2 und 4 liegen im bestimmungsgemäßen Zustand flach aufeinander und bilden ein integriertes Wellenleiterbauelement 15 (Fig. 3). Durch Verschiebung der Substratplatten 2 und 4 in Längserstreckungsrichtung der Kontaktbahnen 12 und 14 gegeneinander ist die Einstellung einer effektiven Länge eines Mikrowellenleiters möglich. Die Substratplatte 2 bildet eine Masseebene und die Substratplatte 4 eine Einstellebene des Wellenleiterbauelementes 15. Die zusammengesetzten Kontaktbahnen 12 und 14 und der U-förmige Leiterabschnitt 16, 18 oder 20 bilden die Gesamtlänge des Mikrowellenleiters. Ähnlich beispielsweise einer Posaune wird eine variable Länge einer Umwegleitung durch Ausziehen beziehungsweise Zusammenschieben, das heißt durch Verlagern des Leiterabschnittes 16, 18 oder 20 in Längserstreckungsrichtung der Kontaktbahnen 12 und 14, verlängert beziehungsweise verkürzt. Hierdurch ist eine mechanische Einstellmöglichkeit einer Gesamtlänge eines aus den Kontaktbahnen 12 und 14 und einem der Leiterabschnitte 16, 18 oder 20 bestehenden Mikrowellenleiters möglich. Entsprechend der eingestellten Gesamtlänge ist eine Phasenverschiebung beziehungsweise eine Laufzeiteinstellung eines oder mehrerer Mikrowellensignale zwischen den Ein- beziehungsweise Ausgängen 11 und 13 des Wellenleiterbauelementes 15 möglich.

Die planaren Mikrowellenleiter können dabei als Mikrostreifenleitung, Triplate-Leitung, Streifenleitung, Suspend-Substrate-Leitung, Schlitzleitung, Kopplanarleitung oder in koplanarer Streifenleitung ausgeführt sein.

Die beiden, aus den Kontaktbahnen 12 und 14 und einem U-förmigen Leiterabschnitt 16, 18 oder 20 gebildeten Leitungsstrukturen können beispielsweise eine galvanische Verbindung aufweisen, wobei die Leitungsstrukturen beider Substratplatten 2 und 4 beziehungsweise Superstratplatten oder -folien einen elektrischen Kontakt haben. Ebenso möglich sind wahlweise auch induktive und/oder kapazitive Kopplungen, wobei die Leitungsstrukturen beider Substratplatten 2 und 4 beziehungsweise Superstratplatten oder -folien lediglich nahe beieinander liegen und durch ein Dielektrikum und/oder die Substratplatte 4 voneinander getrennt sind.

Das zugrundeliegende Prinzip läßt sich mit folgenden Zusammenhängen beschreiben:

In der Mikrowellentechnik kann eine Phasenverschiebung (beziehungsweise eine Laufzeit) eines Signals, beschrieben in der allgemeinen Form

$$x(t) = \operatorname{Re}\{X \cdot e^{j\omega t}\},$$

durch ein Leitungsstück, welches eine Länge von Null bis einigen Wellenlängen aufweist, realisiert werden. Liegt am Eingang einer (im Idealfall verlustlosen) Mikrowellenleitung einer Länge  $l$  ein durch den komplexen Zeiger  $X_{\text{ein}}$  beschriebenes zeitlich harmonisches Signal an, dann lautet die Gleichung für den komplexen Zeiger des Ausgangssignales  $X_{\text{aus}}$  entsprechend

$$\begin{aligned} X_{\text{aus}} &= X_{\text{ein}} \cdot \exp(-j \cdot 2\pi \cdot l / \lambda_g) \\ &= X_{\text{ein}} \cdot \exp(-j \cdot \Delta\varphi); \end{aligned}$$

mit

$$\Delta\varphi = 2\pi \cdot l / \lambda_g.$$

Hierbei ist  $\lambda_g$  die geführte Wellenlänge der Mikrowellenleitung bei einer Frequenz  $f$  von

$$f = \omega / (2\pi).$$

Durch Veränderung der Länge  $l$  der Leitung beziehungsweise des Signallaufweges läßt sich somit auch die Phasenverschiebung beziehungsweise die Laufzeit der übertragenen Signale variieren.

Fig. 3 zeigt schematische Darstellungen einer möglichen Realisierung eines Wellenleiterbauelementes 15 in einer Draufsicht (oben) und einer Seitenansicht (unten), jeweils in eingeschobener (links) und ausgezogener (rechts) Position des U-förmigen Leiterabschnittes 16, 18 oder 20. Der hier dargestellte Leiterabschnitt besitzt die Form gemäß Fig. 2b. Die Kontaktbahnen 12 und 14 sowie der Leiterabschnitt 18 sind in Mikrostreifenleitertechnik ausgeführt. Nach weiteren Ausführungsbeispielen ist jedoch auch die Verwendung einer der Kontaktbahnen 16 oder 20 entsprechend Fig. 2a beziehungsweise Fig. 2c möglich.

Erkennbar ist in der unteren Seitenansicht die flache Struktur der Substratplatte 2 mit darauf aufgebracht planaren Kontaktbahnen 12 und 14 sowie die parallel dazu liegende, hier dünner ausgebildete Substratplatte 4 mit darauf aufgebracht planaren U-förmigen Leiterabschnitt 18. Weiterhin ist eine galvanische Trennung der Kontaktbahnen 12 und 14 von dem U-förmigen Leiterabschnitt 18 aufgrund der zwischen diesen liegenden Substratplatte 4 des U-förmigen Leiterabschnittes 18 gegeben. Das dargestellte Ausführungsbeispiel bezieht sich somit auf eine induktive beziehungsweise eine kapazitive Kopplung der Kontaktbahnen 12 und 14 mit dem Leiterabschnitt 18.

In den Draufsichten der Fig. 3 sind weiterhin um einen Winkel von 90° nach oben (Kontaktbahn 12) beziehungsweise nach unten (Kontaktbahn 14) abgewinkelte Abschnitte der Kontaktbahnen 12 und 14 erkennbar, wodurch die Ein- beziehungsweise Ausgänge 11 und 13 weiter voneinander beabstandet liegen können, als in der Ausführungsform entsprechend Fig. 1 mit ausschließlich parallel zueinander liegenden Kontaktbahnen 12 und 14. Auf diese Weise sind die äußeren Anschlüsse an zwei sich gegenüberliegenden Längsseiten der Substratplatte 2 und somit des Wellenleiterbauelementes 15 angeordnet, was einen höheren Grad der Miniaturisierung mit entsprechend feiner ausgeführten Anschlüssen beziehungsweise Anschlußdrähten erlaubt.

Fig. 4 zeigt schematische Darstellungen einer weiteren möglichen Realisierung eines Wellenleiterbauelementes 15 in einer Draufsicht (oben) und einer Seitenansicht (unten), jeweils in eingeschobener (links) und ausgezogener (rechts) Position des U-förmigen Leiterabschnittes 18. Das Wellenleiterbauelement 15 ist hierbei in einer sogenannten Triplate-Leitungstechnik ausgeführt. Die Draufsichten entsprechen denen in Fig. 3. Erkennbar ist in der unteren Seitenansicht die flache Struktur der Substratplatte 2 mit darauf aufgebracht planaren Kontaktbahnen 12 und 14 sowie die parallel dazu liegende Substratplatte 4 mit darauf aufgebracht planaren U-förmigem Leiterabschnitt 18. Darüber liegt eine weitere Substratplatte 6, welche den oberen Abschluß der Sandwich-Anordnung in sogenannter Triplate-Leitungstechnik bildet. Die Substratplatte 6 weist vorzugsweise die gleiche Grundfläche wie die Substratplatte 2 auf und liegt parallel zu dieser. Die Kontaktbahnen 12 und 14 sind hier dem Leiterabschnitt 18 direkt zugewandt, so daß – nach Einstellung der gewünschten Gesamtlänge – eine galvanische Kopplung zwischen den Leiterbahnen 12 und 14 und dem Leiterabschnitt 18 möglich ist.

Fig. 5 zeigt weitere schematische Darstellungen einer möglichen Realisierung eines Wellenleiterbauelementes 15 in einer Seitenansicht, jeweils in eingeschobener (links) und ausgezogener (rechts) Position des U-förmigen Leiterabschnittes 18. Das Wellenleiterbauelement 15 ist hierbei in einer mehrlagigen Leitungsanordnung (sogenannte Multilayertechnik) ausgeführt. Hierbei folgt von unten auf eine erste Substratplatte 2 mit darauf aufgetragenen Kontaktbahnen 12 und 14 der verschiebbliche U-förmige Leiterabschnitt 18 (beziehungsweise 16 oder 20) mit zugehöriger Substratplatte 4 eine weitere Substratplatte 6, an die eine weitere Substratplatte 2 grenzt. Auf dieser befinden sich wiederum Kontaktbahnen 12 und 14, gefolgt von einer Substratplatte 4 mit U-förmigem Leiterabschnitt 18. Die beiden Substratplatten 4 können entweder unabhängig voneinander verschieblich sein oder miteinander gekoppelt sein, so daß sie nur gleichzeitig und jeweils um einen gleichen Vorschubweg in Längserstreckungsrichtung der Kontaktbahnen 12 und 14 verschoben werden können.

Die Anordnung gemäß Fig. 5 entspricht einer Stapelung der in den Fig. 3 und 4 gezeigten Wellenleiterbauelemente 15. Entsprechend eines konkreten Aufbaus einer Schaltungsanordnung, die die Wellenleiterbauelemente 15 aufweist, können diese in einer Matrix zwei- oder dreidimensional angeordnet sein.

#### Patentansprüche

1. Integriertes Wellenleiterbauelement, mit wenigstens einem planaren Mikrowellenleiter, an dessen Eingang ein zeitlich harmonisches Eingangssignal anlegbar ist, und an dessen Ausgang ein von einer Länge des wenigstens einen Mikrowellenleiters abhängiger, zu dem Eingangssignal phasenverschobenes Ausgangssignal anliegt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der wenigstens eine Mikrowellenleiter (15) wenigstens eine Unterbrechungsstelle (9) aufweist, jeder der Unterbrechungsstellen (9) ein mechanisch verlagerbarer Mikrowellenleiterabschnitt (16, 18, 20) zugeordnet ist, dessen die Unterbrechungsstelle (9) überbrückende Wirklänge entsprechend einer gewünschten Phasenverschiebung zwischen dem Eingangssignal und dem Ausgangssignal einstellbar ist.
2. Wellenleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikrowellenleiter (15) wenigstens zwei planare über einer Masseebene angeordnete Kontaktbahnen (12, 14) aufweist, denen ein im wesentlichen U-förmiger Leiterabschnitt (16, 18, 20) zugeordnet ist, der in Längserstreckungsrichtung der wenigstens zwei Kontaktbahnen (12, 14) verschiebbar ist.
3. Wellenleiterbauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der im wesentlichen U-förmige Leiterabschnitt (16, 18, 20) durch Verschieben einer parallel zur Masseebene liegenden Einstellebene verschiebbar ist.
4. Wellenleiterbauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Masseebene eine Substratplatte (2) ist.
5. Wellenleiterbauelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellebene eine Substratplatte (4) ist.
6. Wellenleiterbauelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Masseebene eine Superstratplatte oder eine Superstratfolie ist.
7. Wellenleiterbauelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellebene eine Superstratplatte oder eine Superstratfolie ist.
8. Wellenleiterbauelement nach einem der vorherge-

henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktbahnen (12, 14) und der U-förmige Leiterabschnitt (16, 18, 20) galvanisch miteinander gekoppelt sind.

9. Wellenleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktbahnen (12, 14) und der U-förmige Leiterabschnitt (16, 18, 20) induktiv miteinander gekoppelt sind.

10. Wellenleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktbahnen (12, 14) und der U-förmige Leiterabschnitt (16, 18, 20) kapazitiv miteinander gekoppelt sind.

11. Wellenleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Wellenleiterbauelement ein Resonator ist.

12. Wellenleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Wellenleiterbauelement ein Filter ist.

13. Wellenleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktbahnen (12, 14) und der verschiebbliche U-förmige Leiterabschnitt (16, 18, 20) aus Supraleitern hergestellt sind.

14. Wellenleiterbauelement nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Wellenleiterbauelement ein supraleitendes Filter ist.

15. Wellenleiterbauelement nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das supraleitende Filter ein planares Filter ist.

16. Wellenleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die leitenden Schichten (12, 14, 16, 18, 20) in Mikrostrukturen auf die Substratplatten (2, 4) aufgebracht sind.

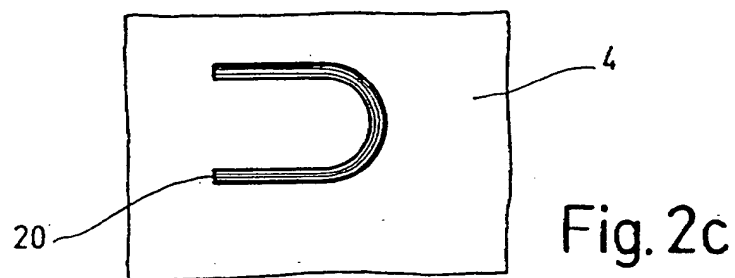
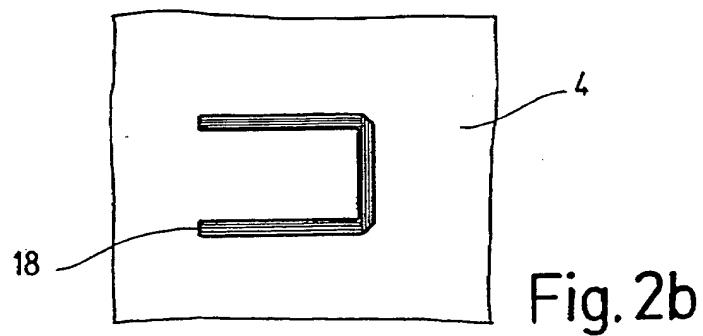
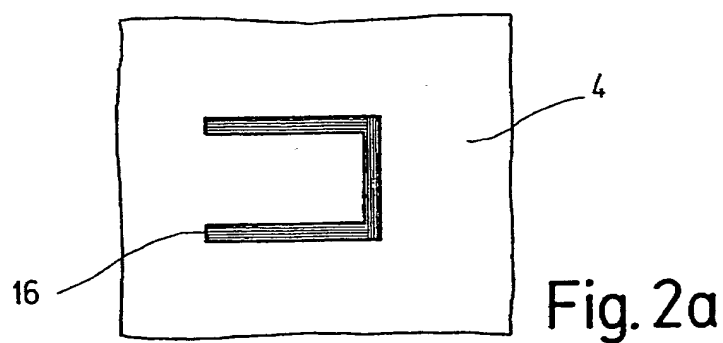
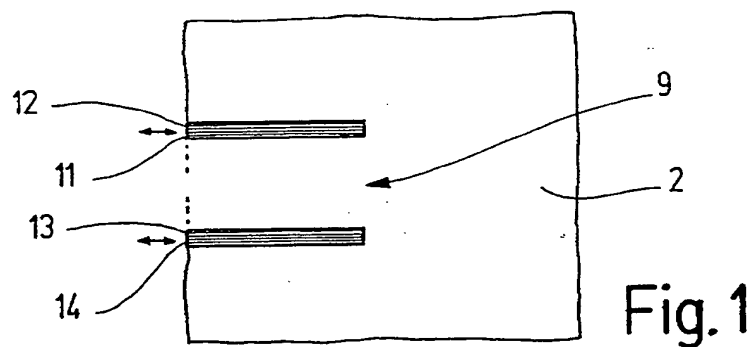
17. Wellenleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Masseebenen und verschiebbliche Einstellebenen geschichtet übereinander angeordnet sind.

18. Wellenleiterbauelement nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß Masseebene und verschiebbliche Einstellebene in Triplate-Leitungstechnik ausgeführt sind.

19. Wellenleiterbauelement nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Masseebenen und verschiebbliche Einstellebenen in Multilayertechnik geschichtet übereinander angeordnet sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



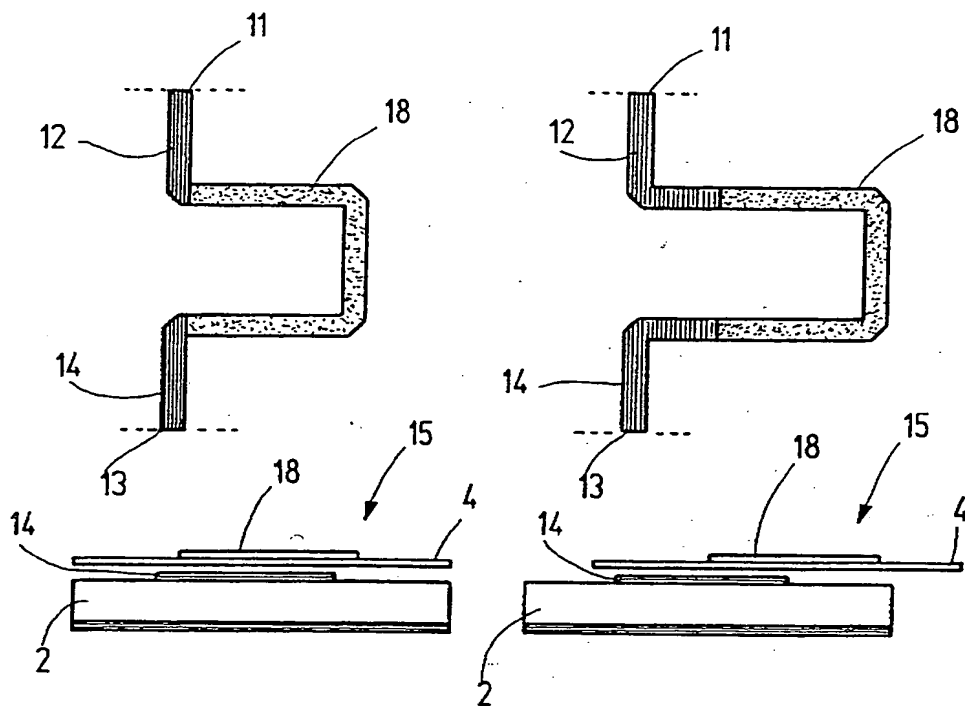


Fig. 3

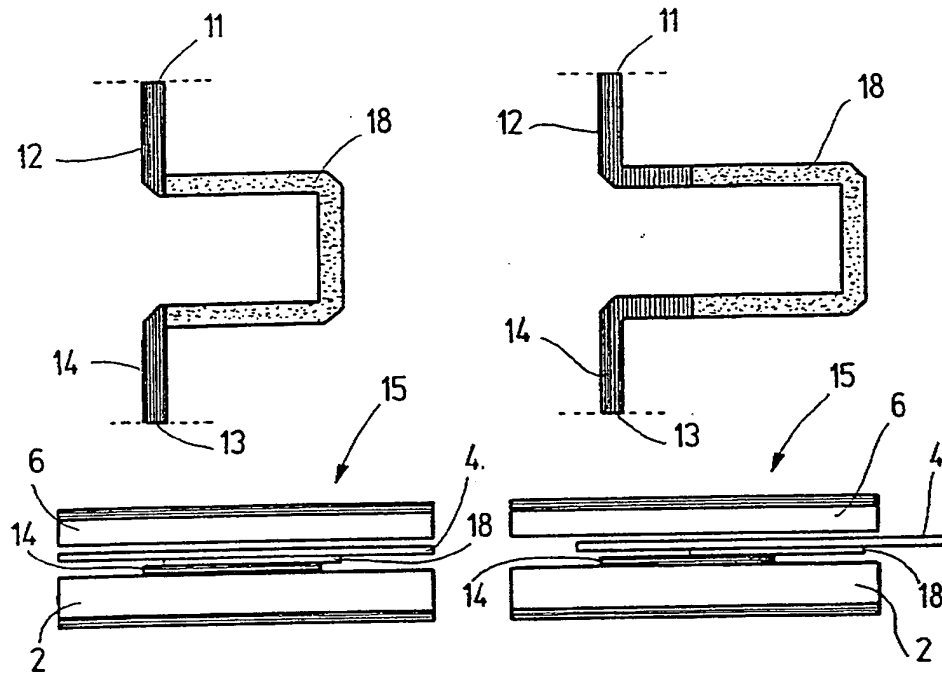


Fig. 4

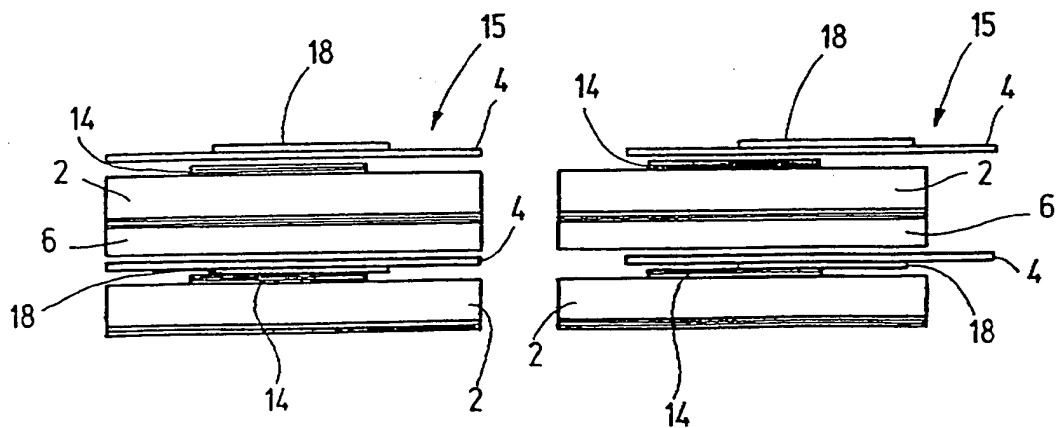


Fig. 5